化学工学専攻・化学工学科化学工学コース　[ニュースレター]

ChemENG 4

Tokyo Institute of Technology Chemical Engineering

JUL 2008

化学工学の知識と評価は？

大学院理工学研究科
化学工学専攻
専攻長
黒田　千秋

「○○の知識」とか「△△の評価」といった言葉を目にし、耳にする機会が多くなりました。化学工学の分野でも同じで、学生諸君は量論、単位操作、移動現象、プロセス工学、反応工学、システム工学…と、勉学(知識獲得)と試験・演習（評価）に日々一喜一憂していることでしょう。種々の情報が氾濫する複雑な社会において、何を信じ何を規範にしたら良いのか混迷し、知（知恵・知識）と評価（意思決定）が、大事な問題解決の業として認識されているからなのでしょう。知識と評価は表裏一体のものです。例えば、インターネット社会で氾濫する情報の中に知識と呼べるものを見出すためには適切な評価が必須です。また、評価する人に優れた知識が欠かせないことは言うまでもありません。正しい知識を得るためにも、正しい評価を行うためにも、人間自身が広く深く進化することが求められていると思います。つまり、人間力が求められているのです。

ここで、知識を「体系化」するのと「構造化」するのとが、少々異なる意味を持っていることについて述べておきます。1世紀以上に渡って洗練されてきた化学工学の知識の体系は既に整然と作られています。しかし、その知識体系に含まれる個々の知識を連携し連動して、新たな知識を生み出すことが容易にできるでしょうか？構造化とはこの連携、連動の仕組みを作り出すことに相当しているのです。私はプロセスシステム工学を専門にしておりますが、個々の知識を連携、連動させて新たな知識を生み出す構造化のためのシステム思考の難しさを日々痛感しています。そして、そのシステム思考が化学プロセスの設計に役立つかどうかを評価することが重要なのです。

さて、評価者（大学では教員）がしっかりとした見識を持っていなければならないことは言うまでもありませんが、更に大事なものは「評価の心」ではないでしょうか。評価ポリシーと言うと仰々しいので、評価の心と気軽に言う事にします。何を目的・目標に評価を行い、評価結果をどのように使うのかという評価者の心です。何を目的に学生諸君の知識を評価し（学会発表?、卒業研究?、基礎教育?…）、その評価結果をどのように知識レベルの改善にフィードバックするのか、という評価者の心です。評価結果を改善に生かすためには、この心が被評価者（大学では学生諸君）にも認知され共有されることが大事であると考えています。

私達にとって大事なキーワードの一つに、「World Classかどうか?」というのがあります。世界的なレベルに達しているのかどうか?、否、越えているのだろうか?ということです。世界を意識して化学工学知識が体系化され構造化され、世界の中でのアイデンティティを確立することが重要なのです。化学工学の有力な知識集団である化学工学科・化学工学専攻が如何に体系化・構造化され、如何に統合的知識力を身につけていくか、学生諸君と教職員が一体となって化学工学の知識と評価を真剣に考えていきたいと考えています。

Chemical Engineering World

“必ずできる”

Written by: 東レ株式会社 地球環境研究所 主任研究員、工学博士
峯岸　進一（1993年卒）

小川・吉川研究室で“中空糸膜”に出会ってから18年が経ち、東レ入社後も一貫して分離膜に関する研究技術開発を行ってきましたが、この度この“中空糸膜”で化学工学会賞技術賞を受賞する事が出来ました。

水不足と水源水質の悪化は世界的に深刻な環境問題であり、安全・安心な水を安定的に確保するための分離プロセスの1つとして、“膜ろ過技術”は21世紀の重要な単位プロセスであると言えます。このような世の中の要求に対し、東レは高性能のPVDF中空糸膜モジュールを開発しました。これによる膜ろ過プロセスは飲料水製造、産業用水製造、海水淡水化前処理、下水処理用途などの幅広い用途での水問題解決に適用可能です。

研究所を中心に全社プロジェクトとして、この新しい中空糸膜の研究開発を進めました。ラボスケールからベンチスケールの検討の後、生産機の設置／立ち上げへとスケールアップを行いました。しかしながら、生産機としての初めての中空糸膜を手にしたとき、研究所で作っていた中空糸膜と全く違う物性であるという事実に愕然としました。研究者を2交代勤務体制とし、私はリーダーとして日勤残業で24時間実験検討を行いました。来る日も来る日もベンチ設備と生産機の差異について実験検証を行いましたが、その違いを見出すことがなかなか出来ませんでした。そんな時、当時の生産部長が、「研究で出来たものは、生産で“必ずできる”、重要な因子に気が付いておらず、その因子を制御できていないだけだ」と私に言いました。この言葉で、自信を取り戻した私は、多くの人たちの協力のもと、何とかベンチ設備と生産機の差異にたどり着き、今日、累積日量26万トンの水を浄化する設備で採用されるに至りました。

1つの技術が完成し、世の中に出るには、多くの人たちの努力や工夫や協力が必要であると言うことと、ものづくりの達成感を経験することが出来ました。この経験を通じて得られたことを次の研究技術開発に活かし、新しい価値の創出に挑戦し続けていきたいと考えています。

*峯岸進一氏は1991年に本学科卒、1993年本専攻修士修了のOBです。記事にもありますように、「ポリフッ化ビニリデン製中空糸膜モジュールによる膜ろ過プロセスの開発」に対し、平成19年度に化学工学会から技術賞を受賞されました。

Laboratory Now

時系列プロセス画像の「見える化」手法の開発

Written by: 松本　秀行

化学プロセスの研究開発やプラントの運転操作の効率化において、センサーより獲得される多種多様なプロセス状態量（温度、圧力、流量、濃度など）の時間的変化からの情報抽出は必要不可欠です。計器に示される数値データの監視からプロセス挙動を推定できる経験豊かなエンジニアやオペレータの脳の中では取得データの「選定、変換、特徴抽出と解釈」という一連の手続きが効率よく行われているであろうと思われますが、手続きに関する情報を企業組織内で「見える」形で共有させることが組織全体の研究開発や運転操作の効率化・改善に役立つと考えられます。

私たちの研究室でも、時系列データからプロセス挙動の特徴を抽出し、多くのヒトが解釈しやすい「見える」形にする手法の開発に取り組んでいます。ここでは、化学装置内部・周辺の数カ所に設置されたセンサーから得られる情報だけでは状態把握が容易でない多相系プロセスに着目し、ビデオカメラで取得される装置内部の動画像情報の「見える化」手法について検討したテーマを紹介します。動画像の利用と聞くと「もうすでに見える形ではないか」と思いがちですが、多相系プロセスが示す複雑な挙動を解釈しやすい形にするためには、複数の画像が内包する多次元データの空間的性質を保持させつつ、データ変換・圧縮させなければならない問題があります。

そこで私たちはヒトの脳内神経回路網を模倣した人エニューラルネットワークの一つである「自己組織化マップ」（SOM）に着目し、発酵プロセス等で見られる通気攪拌操作中の気泡分散の時間的変化（図1）の解析へSOMの適用を検討しています。例えば、攪拌翼回転数200 rpm、窒素ガス通気量0.6 ℓ/minの操作条件下で0.2秒ごとに取得された30の画像データをSOMに入力すると、4つのクラスタに分類された二次元マップ（図2）が生成され、図中丸数字で示された気泡分散画像の時間的遷移を4種のパターンの移り変わりとして見ることができます。また、攪拌軸の設置位置の軽微なズレによって生ずる気泡群の動きの変化を目視で判断するのは難しいと思われますが、SOMを適用することで設置状態の微小なズレがマップ上の出力データの配置分布によって特徴づけられるという興味深い結果も得られています。

このように時系列データから抽出されたプロセス挙動の特徴を「見える」形にすることは、研究開発や運転操作に関する一つの知識表現としてエンジニアの意思決定を支援するであろうと私たちは考えています。今回紹介したテーマのほかには、高分子重合プロセスの生成粒子の性状制御を目的とした種々の非定常操作に注目し、操作のタイミングをリアルタイムで決定しやすい「見える化」手法の研究も進めています。

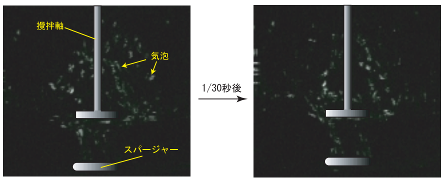


図1　通気攪拌操作における気泡分散画像の変化

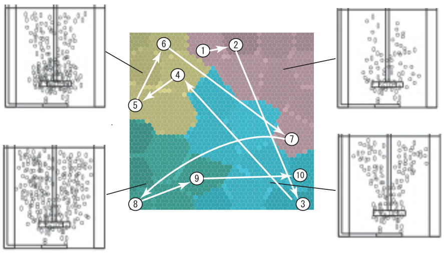


図2　4種の気泡分散パターンの分類を示す自己組織化マップ

TOPICS

エネルギー・環境問題とリチウムイオン二次電池

Written by: 谷口　泉

現在、携帯電話などの小型携帯機器用の電源としてリチウムイオン二次電池が使われていることは、誰もが知っていることです。この電池は1985年に発明され、1991年にソニーによって世界で始めて商品化され、我々の身の回りに急速に普及してきた二次電池です。この急速な普及の理由には、この電池の体積エネルギー密度と重量エネルギー密度が他のそれ（鉛蓄電池、ニッケルカドミウム電池、ニッケル水素電池）と比較して非常に大きいことが挙げられます。このため、携帯用電子機器の電源として求められる“コンパクトで沢山電気が貯められる電源”という要求を満たすことができ、我々の身の回りに普及してきたわけです。

ところで、最近では、クリーンカー（電気自動車、プラグインハイブリッド車、燃料電池自動車）用の主電源あるいは補助電源、風力発電や太陽光発電のような再生可能エネルギーの安定供給のための蓄電池として、このリチウムイオン二次電池が期待され、産業界、大学を問わず非常にアクチブに研究開発が行われております。また、一昨年から、これらに使用するリチウム二次電池の開発プロジェクトが独立行政法人・新エネルギー・産業技術総合機構（NEDO）のもとでスタートしております。このように、この二次電池が注目されるようになった背景には、二酸化炭素排出削減の問題、低炭素社会の実現、原油高、省エネルギー、省資源問題などの「エネルギー・環境問題」との関連によるものだと思われますが、このリチウムイオン二次電池の最近のホットな話題を1つ紹介します。

リチウムイオン二次電池は、少なくとも現時点では他の電池に比べ高性能であることは間違いないことですが、電池の基本構造は、他の二次電池と同様です。基本的には、電解液の中に正極と負極が浸され、両極の間に、それらが接触しないように高分子系のセパレータが使用されているわけです。この二次電池の場合、正極にはリチウムと遷移金属の酸化物、具体的には$LiCoO_2$、負極には炭素が用いられております。ただ、正極に含まれているコバルトが希少金属であり、コストおよび資源確保の観点からも代替材料の開発が以前から課題として挙げられておりました。また、これまでに多くの研究者がこの課題に取り組んできております。その中で、1997年にテキサス大学のGoodenough教授のグループが発表した安価な鉄を用いた新規正極材料（$LiFePO_4$）が最近、話題となっております。この材料は、実は非常に電子導電性が低い（10^{-8}～10^{-9} S/m）ため、発表当初は、実用化されないであろうと思われておりました。しかしながら、ここ数年の間に、この材料の電子導電性を飛躍的に改善する製造技術（化学工学が得意とする分野）が開発されたことで、実用化の可能性が明らかとなり、アメリカにおいて特に注目される正極材料となったのです。最初に紹介したように、リチウムイオン二次電池は日本発の技術であり、これまで日本はこの分野のトップランナーであったのが、$LiFePO_4$という材料の出現により、アメリカが一気に日本を逆転する機会が訪れているのです。この$LiFePO_4$という物質の特許はす

でに、アメリカのベンチャー企業A123システムズ社によりアメリカはもとより日本でも出願されております。さらに、このベンチャー企業と米国ゼネラルモーターズ（GM）とが提携して、$LiFePO_4$を用いた新しいタイプのリチウムイオン二次電池を搭載した次世代自動車の開発も既にスタートしております。数年前までは“負け組み”であった、アメリカの電池業界、自動車業界が、次世代自動車で“勝ち組に”変わる可能性が出てきているのです。電池電極材料の製造技術開発が、これまでの状況を大きく変えてしまう可能性があるということなのです。

ところで、化学工学はもの作りのためのプロセス技術開発、製造技術開発を行う学問です。リチウムイオン二次電池の電極材料を例に取るならば、材料の電子導電性を作り方によって改善できる製造技術を開発する学問です。これまで、この分野は電気化学、材料化学、無機材料工学等を専門とした研究者、技術者により研究開発が行われてきましたが、近い将来、化学工学者がこの分野で活躍することを筆者は期待しております。

学生の声

「研究室に所属して」

Written by: 太田口研究室　山本　千智

今回、化学工学の学生として、自分の学生生活について書いてみようと思います。

東京工業大学では学部4年の春に研究室に所属することになっています。そして私もこの4月に研究室に入りました。所属からもう3ヶ月程経ちましたが、上の先輩から聞いていたとおり、研究室に所属すると生活がガラッと変わりました。研究室では自分の席が与えられて、同じメンバーと、同じ空間で、似通った分野の勉強、研究をします。これだけでも学部3年までの、荷物を持って学内を移動する生活とはだいぶ違いました。

しかし私の中で一番大きく変わったのは勉強に対する姿勢だと思います。これまでの授業中心の生活では、どちらかというと“受身”の姿勢で講義を聞く、というのがほとんどでした。ですが、研究室に所属すると、自分が興味のあることを研究テーマにできます。すると当たり前かもしれませんが、自分が学びたいことを自分から学んでいく、というスタイルが中心になります。自分で研究に関連のあることを調べたり、文献を探したりするのはなかなか大変ですが、はっきりした目的（自分の研究）があるというのはとてもいいことだなと思いました。また分野は同じとは言え、研究室のメンバーも一人一人違った研究をしているので、自分がほとんど知らない領域の話を聞く機会がとても多いです。そういった話を聞くたびに、モチベーションも上がります。研究室所属の前に、先生や先輩たちから「東工大での生活は研究室に入ってからが本番だぞ」、という話をよく聞きましたが、本当にそのとおりだと実感しています。

ところで、私が所属した研究室では化学工学コースでは珍しく生物を扱っています。化学工学と生物!?と思われるかもしれませんが、実は身近なところで密接に関係している学問です。私たちがよく口にする、酒、味噌、醤油、チーズ、ヨーグルト、パンなどの食品は微生物の力なしでは作れません。他にも医薬品、化学製品、また環境問題への取り組みといった場面でも、幅広く生物を使った科学技術、つまりバイオテクノロジーが普及しています。そのような技術が発達している現代に、バイオと化学工学の融合はとても重要になってくると思います。

私は実家が醸造業を営んでいることもあり、ずっと微生物の働きなどに興味がありました。それでこの研究室を選んだわけですが、生物を最後に勉強したのは中学生の頃、という生物に関してほとんど無知の状態でした。研究室に入ってから生物の勉強を1から始め、今はまだ簡単に生物の働きなどを学んだところですが、あらためて生物の力はすごいなと思いました。このような生物の力には無限の可能性がある、と思っています。

ここまで勉強や研究のことばかり書きましたが、うまくリフレッシュすることも大事だと思います。先輩方はみなさん自分の趣味の時間も大事にしているようです。研究室に所属してから時間の使い方がこれまでと比べるとかなり自由になりました。というより、生物を扱う実験は時間がかかるものが多いので、自分でしっかりスケジュール管理をしなければなりません。遊ぶときは遊んで、実験をするときは実験をして、という風にみんなめりはりをつけて生活しています。また研究室内もアットホームな雰囲気で、みんなでしゃべったり、たまには飲んだり、楽しくやっています。年に数回、研究室旅行もあるそうです。写真は飲み会後に研究室のメンバーと撮ったものです（筆者右端）。

化学工学コースにはまだまだたくさんの研究室があります。ほとんどの研究室がホームページを持っているので、興味のある分野の研究室のページを覗いてみると、雰囲気もわかり楽しいと思います。私は化学工学とは本当に幅の広い分野にわたる学問だと思っています。それだけに、広い知識、視野を持つことがとても大事だと思います。そのためにも自分から積極的に学ぶ姿勢を持ってこれからも取り組んでいきたいです。

サイエンスワンポイント

P.4へ

省エネルギー四方山話(1)

Written by: 関口　秀俊

このところ、新聞やTVでは原油価格の高騰が連日報道され、
価格高騰に伴った物価上昇でお財布の中身が寂しくなった人も多いことであろう。
2度のオイルショックの経験から日本の省エネルギー技術は世界一の水準にあるものの、
地球温暖化問題を含めたこの状況下では、
より一層の省エネルギーを推進していかなければならない。
そこで、今回は省エネルギーにまつわる四方山話を紹介しよう。

最近、ある電器メーカーが白熱電球の生産を中止し、すべて電球型蛍光灯やLED照明などの省エネ製品に置き換えると発表した。白熱電球といえば、エジソンや竹のフィラメントを連想し、100年以上の歴史を持つものであるが、遂にその役目を終えるときが来たのかもしれない。ところで、この白熱電球はなぜ省エネではないのであろうか?

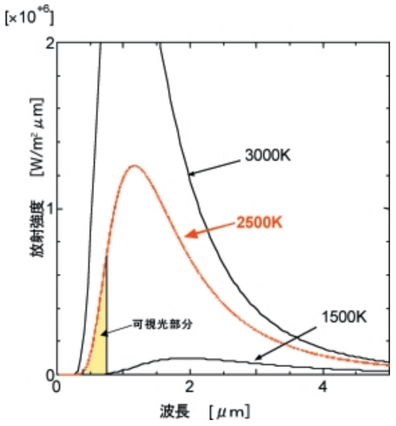
その解説の前に、熱の伝わり方をちょっと復習しよう。熱の伝わり方には熱伝導、熱対流、熱放射があり、それぞれ、熱伝導は分子運動や原子振動で、熱対流は流体により、そして熱放射は電磁波により、熱が移動する。白熱電球の中は減圧されているので熱放射が支配的となる。では、なぜ熱移動と白熱電球が関係するのか?それは、この熱放射が電磁波、すなわち光と関わっているからである。

熱放射について、プランク（M.Plank）は、黒体という理想表面からの電磁波放射強度 $E_{b\lambda}(\lambda,T)$ を以下の式で表した。

$$E_{b\lambda}(\lambda,T)=\frac{C_1}{\lambda^5[\exp(C_2/\lambda T)-1]}$$

ここで λ は電磁波の波長、T はその表面温度、C_1,C_2 は定数である。式からわかるように、この放射強度は表面温度だけでなく、波長にも依存している。そこでこの式を、表面温度をパラメータとして、横軸に波長、縦軸に放射強度をとったグラフが図1である。これより、ある温度の物体からは連続的な波長範囲（連続スペクトル）で電磁波が放出されていることがわかるであろう。

図1 放射強度の波長依存性



そこで、白熱電球のフィラメントを黒体とし、その温度を2500Kと仮定する。すると、赤線で示した2500Kの分布を持った電磁波がフィラメントから周囲へ放出されることになる。ここで横軸の波長に注目してほしい。可視光の波長範囲は約0.4～0.76 μm であり、図中の黄色の部分がこの可視光のエネルギーに相当する。全波長にわたる放射強度の積分値（赤線とX軸で囲まれた面積）がフィラメントから放出された全エネルギーであるため、黄色で示した可視光のエネルギーは全体のわずか5%となる。それでは残りの95%は…?2500Kの放射強度分布がピーク値を取る波長は1.16 μm 付近、すなわち赤外線の波長である。つまり、残りのエネルギーは目に見える光ではなく、赤外線で放出されている。言い換えると、白熱電球は光を提供する以上に、はるかに多い熱を提供しているわけである。白熱といっても“熱”の方が圧倒的なのである。冷房の効いた部屋での白熱電球は典型的な非省エネであることがわかるであろう。

なお、図からは、表面温度が上がると放射強度が増加すると共に、ピーク値の波長が可視光側へシフトすることもわかる。その結果、全エネルギー量に対する可視光領域のエネルギーが増加し、電球としての効率は増加する。したがって、白熱電球などにおいてフィラメント温度は重要な設計変数である。

一方、蛍光灯は、連続スペクトルではなく、飛び飛びの値（輝線スペクトル）で光が放出されている。これは、蛍光灯内が放電し、プラズマ（電離したガス）状態になっているためである。蛍光灯は、蛍光物質が内面に塗布されたガラス管と電極で構成されており、電極から放出された電子が、蛍光灯内の水銀原子を衝突励起させ、その緩和過程で放出される紫外光と蛍光物質との作用により、可視光が発せられる。これらの発光過程は、原子や分子の励起緩和から起こるため、発せられる光はエネルギー準位に対応した輝線スペクトルになる。蛍光灯内が減圧されているのは、蛍光灯内を加熱せずに水銀原子と電子との衝突を程良く行うためであり、この減圧状態により電子は数万度という高い温度を持っているが、水銀などは常温に近い非平衡状態（非平衡プラズマ）になっている。この様な仕組みにより、蛍光灯は白熱電球に比べ効率よく光を発するわけである。なお、一昔前は白色の蛍光灯が主流であったが、最近は蛍光物質の開発により様々な色合いの蛍光灯が販売されている。

白熱電球を見かけたときチラッとこの話を思い出し、“必要なければ消す”、“余裕があれば蛍光灯型に置き換える”など、身近な省エネを是非、心がけて欲しい。ところで、もし白色蛍光灯の光は冷たいと感じる方には電球色の蛍光灯をお薦めする。

平成19年度

化学工学専攻および化学工学科化学工学コース就職状況

（ ）内は人数、1名の場合は省略、大学、官公庁、企業の順でアイウエオ順

博士: 京都大学、神戸大学、チュラロンコン大学（タイ）、神奈川県庁、宇部興産、東京ガス、三菱化学

修士: 東工大大学院博士課程（化学工学専攻2）、アルファ、出光興産、NTTデータ（2）、カネボウ化粧品、キャノン、キリンビール（2）、JOMO、信越化学、住友化学、電源開発、デンソー、東京ガス、東芝（2）、トクヤマ、日揮、日清製粉、野村総研、P&G、松下電器、三井化学（2）

学部: 東工大大学院修士課程（化学工学専攻19、他専攻7）、日大法科大学院、スズキ、全日空

Information お知らせ

International Workshop on Process Intensification (IWPI) 2008 開催

IWPI2008は、近年、化学工学分野で注目されているキーワード『Process Intensification (プロセス強化)』に関連した国際ワークショップで、平成20年10月15日～18日に大岡山キャンパスで開催されます。2回目を迎える今大会では、9件の招待講演と約100件の一般講演が予定されています。参加申し込みなど詳細は以下のホームページをご参照下さい。

http://www.chemeng.titech.ac.jp/˜IWPI2008/index.html

東京工業大学大学院理工学研究科
化学工学専攻
http://www.chemeng.titech.ac.jp/index.htm

http://www.chemeng.titech.ac.jp/
【ChemENGニュースレターに関するご意見、ご要望、お問い合わせは、下記までお願いします。】
ChemENG編集委員会 E-mail: newsletter@chemeng.titech.ac.jp Phone: 03-5734-2475